

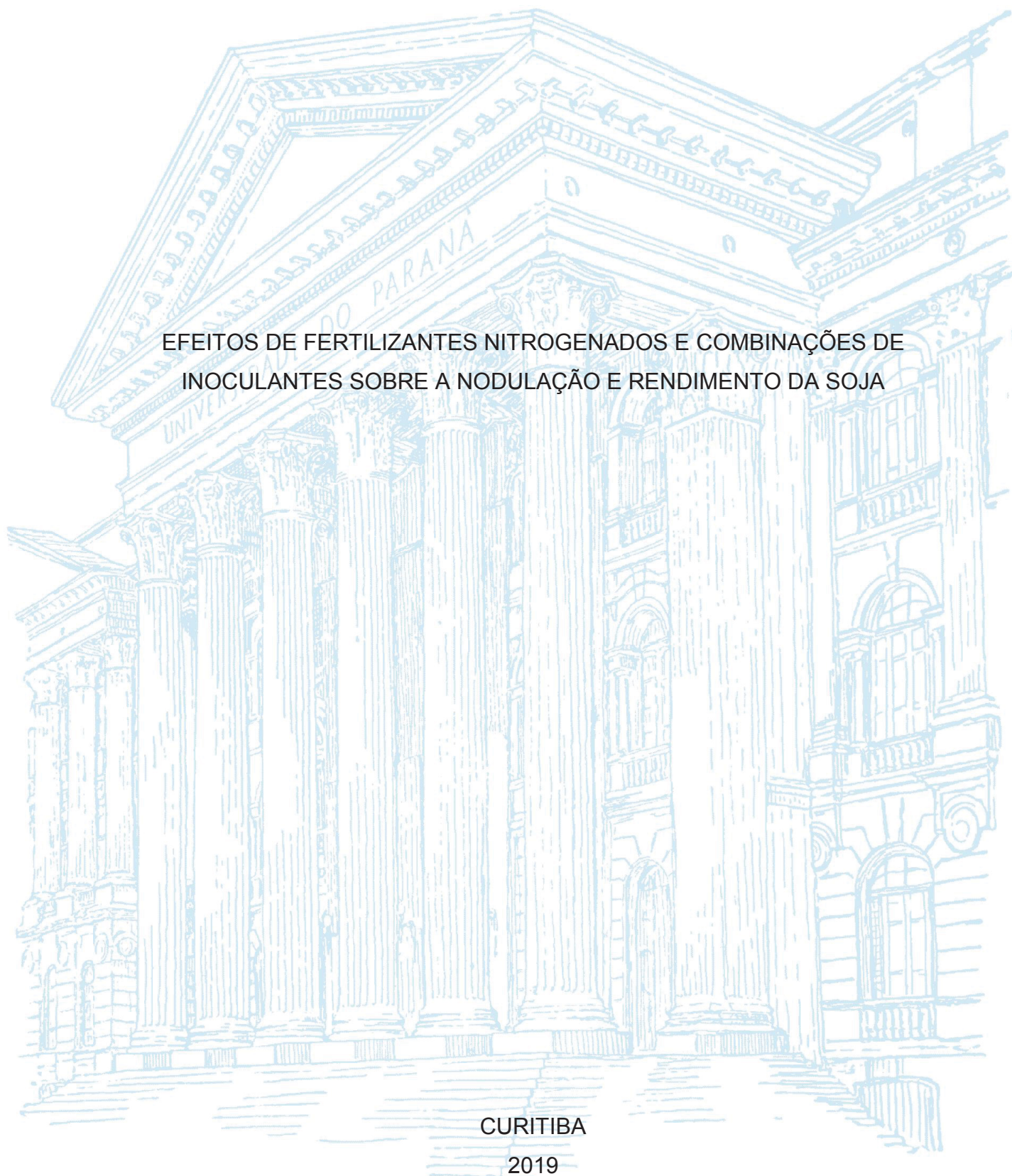
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ROBERTO DIEGO MATOS

EFEITOS DE FERTILIZANTES NITROGENADOS E COMBINAÇÕES DE
INOCULANTES SOBRE A NODULAÇÃO E RENDIMENTO DA SOJA

CURITIBA

2019



ROBERTO DIEGO MATOS

EFEITOS DE FERTILIZANTES NITROGENADOS E COMBINAÇÕES DE
INOCULANTES SOBRE A NODULAÇÃO E RENDIMENTO DA SOJA

TCC apresentado ao curso de Pós-Graduação em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas.

Orientadora: Profa. Ma. Sandra Mara Vieira Fontoura

CURITIBA

2019

À minha esposa e companheira Isis, que me incentivou

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por cada dia de vida e por conferir a mim inteligência e capacidade tão necessárias para que eu chegasse até esse momento.

Minha profunda gratidão à minha esposa Isis pelo seu amor e dedicação. Por sua causa comecei este curso e com seu apoio o estou finalizando.

A meus pais Roberto e Adriane por sua paciência, compreensão e encorajamento.

A meus irmãos Maria e Tiago pela solicitude e carinho.

A meu sobrinho Francisco por vir trazer alegria à nossa família e por me estimular a ser um bom exemplo e referência.

A meus filhos pugs Urso e Neguinho que mesmo sem compreender tornam os meus dias mais felizes e agradáveis.

À minha orientadora Sandra, por aceitar o meu convite e acreditar.

Aos integrantes da equipe de campo da FAPA, em especial, Renato, Adão e Éder pela amizade e suporte no desenvolvimento deste trabalho.

À Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA) e à Cooperativa Agrária por possibilitar o acesso ao seu ambiente de pesquisa.

Aos professores deste curso, que compartilharam conosco uma pequena parcela de suas notáveis experiências.

À Universidade Federal do Paraná pela bolsa de estudos concedida e por me oportunizar o aperfeiçoamento técnico substancialmente pertinente ao meu exercício profissional.

O meu muito obrigado!

Eu não sou quem eu gostaria de ser;
eu não sou quem eu poderia ser, ainda,
eu não sou quem eu deveria ser.
Mas graças a Deus eu não sou mais quem eu era!
(MARTIN LUTHER KING)

RESUMO

O emprego da adubação nitrogenada em soja (*Glycine max* (L.) Merrill) visa a promover um arranque inicial da cultura em situações nas quais supõe-se que a FBN é incapaz de suprir a demanda da planta por N, especialmente quando se trata de cultivares de elevado potencial de rendimento (acima de 6.000 kg ha⁻¹). Há décadas, no entanto, a técnica da inoculação vem se confirmando como referencial em eficiência técnica e econômica no fornecimento de nitrogênio. Objetivando dirimir dúvidas recorrentes da cadeia produtiva em relação ao tema conduziu-se, na safra 2018/19, um ensaio em rede na região Centro Sul do Estado do Paraná sendo reproduzido em três locais (Candói, Guarapuava e Pinhão) para proporcionar maior confiabilidade aos dados. As variáveis avaliadas no trabalho foram nodulação (número e massa de nódulos por planta) e rendimento médio da cultura por hectare. Ao todo foram 19 tratamentos, compreendendo testemunhas com e sem reinoculação (*Bradyrhizobium japonicum*) na semente, fontes e doses de N (ureia e nitrogênio líquido) aplicadas via adubação de base, a lanço e foliar em diferentes estádios fenológicos, além de diferentes doses de *Bradyrhizobium japonicum* isolado e combinado com *Azospirillum brasiliense* (coinoculação) pulverizadas no sulco de plantio. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e, na existência de efeitos significativos dos tratamentos, foram submetidos ao teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias. Foi observada diferença significativa para as variáveis número e massa de nódulos nos três locais, com exceção daquele na FAPA, onde nenhum tratamento destacou-se. Para a variável rendimento de grãos não houve diferença significativa entre tratamentos nos locais FAPA e Candói contrastando com Pinhão, onde o tratamento com ureia (T4) superou T15 (N foliar em R5.1) que por sua vez se sobressaiu em relação ao T7 (inoculante 4x a dose). Apesar disso, T4 não diferiu significativamente do T1 (testemunha sem reinoculação), indicando que havia no solo durante todo ciclo N disponível para a manutenção da cultura. Não foi constatada, ainda, diferença entre os métodos de aplicação dos inoculantes (sulco ou semente), embora a pulverização no sulco proporcione maior rendimento operacional durante a etapa de plantio. Com base nos resultados obtidos é possível afirmar que em condições similares a do presente trabalho não há vantagem em se utilizar N mineral em soja. A inoculação segue sendo a forma mais viável de fornecimento de nitrogênio à soja no sentido técnico e econômico.

Palavras-chave: Soja. Inoculação. Coinoculação. Adubação nitrogenada. Sulco de plantio.

ABSTRACT

The use of nitrogen fertilization in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) aims to promote an initial start of the crop in situations in which FBN is assumed to be incapable of supplying plant demand with N, especially when it comes to cultivars with a high yield potential (above 6000 kg ha⁻¹). For decades, however, the technique of inoculation is being confirmed as a reference in technical and economic efficiency in the supply of nitrogen. In order to resolve recurring doubts about the production chain, a network trial was conducted in the South Central region of the State of Paraná in the 2018/19 crop being reproduced in three locations (Candói, Guarapuava and Pinhão) to provide greater data reliability. The variables evaluated in the study were nodulation (number and mass of nodules per plant) and average crop yield per hectare. In all there were 19 treatments, comprising treatments included control with and without reinoculation (*Bradyrhizobium japonicum*) in the seed, sources and doses of N (urea and liquid nitrogen) applied by root, top-dressing and foliar fertilization in different phenological stages, as well as different doses of *Bradyrhizobium japonicum* isolated and combined with *Azospirillum brasiliense* (coinoculation) sprayed in the planting groove. The experimental design was done in randomized blocks with three repetitions. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA) by the F test and, in the presence of significant effects of the treatments, were submitted to the Tukey test ($p < 0.05$) to compare the means. A significant difference was observed for the variables number and mass of nodules in the three locations, except for the FAPA location where no treatment stood out. For the grain yield variable there was no significant difference between treatments at the FAPA and Candói, contrasting with Pinhão, where the treatment with urea (T4) exceeded T15 (leaf N in R5.1), which was superior to T7 (inoculant 4x the dose). Despite this, T4 did not differ significantly from T1 (control without reinoculation), indicating that there was in the soil during every N cycle available for maintenance of the crop. There was no difference between inoculant application methods (groove or seed), although spraying in the furrow provided higher operational efficiency during the planting stage. Based on the results obtained it is possible to affirm that in conditions similar to the present work there is no advantage in using mineral N in soybean. Inoculation continues to be the most viable form of nitrogen supply to soybeans in the technical and economic sense.

Keywords: Soybean. Inoculation. Coinoculation. Nitrogen fertilization. Planting groove.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 JUSTIFICATIVA	10
1.2 OBJETIVOS	10
1.2.1 Objetivo geral	10
1.2.2 Objetivos específicos.....	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 HISTÓRIA E IMPORTÂNCIA DA SOJA.....	11
2.2 FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS.....	12
2.3 NITROGÊNIO E SOJA.....	13
2.4 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO	14
2.5 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA SOJA.....	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 AVALIAÇÕES.....	20
3.1.1 Nodulação no estágio fenológico R1	20
3.1.2 Rendimento de grãos	21
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	22
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

A partir da década de 1970 a cultura da soja foi responsável por alavancar o crescimento do Brasil como produtor de alimentos, alterando o seu status a nível mundial (DALL'AGNOL, 2016). Desde então a pesquisa tem preconizado gerar informações que resultem em práticas agronômicas capazes de proporcionar maiores incrementos na produtividade da oleaginosa.

Com ampla faixa de adaptação estabelecida, os genótipos modernos de soja podem ser cultivados nos mais variados ambientes de produção, atingindo rendimentos compensatórios mesmo em regiões com solos naturalmente pobres e pouco corrigidos. Porém, são em solos de fertilidade corrigida que expressam seu real potencial, como ocorre na maioria das regiões agrícolas Paranaenses que sustentam uma produtividade média próxima de 3.500 kg ha⁻¹ (IBGE, 2017).

Grande parte do avanço obtido pela cultura desde sua introdução deve ser atribuído ao sistema de plantio direto, manejo da fertilidade do solo e inoculação com bactérias fixadoras de nitrogênio. Esta, de acordo com Hungria et al. (2007), consiste no método de menor custo e maior eficiência agronômica conhecida no tocante ao fornecimento de nitrogênio para a cultura.

Entretanto, com o rendimento potencial da soja se aproximando dos 9.000 kg ha⁻¹ (CESB, 2017), surgiram dúvidas quanto a capacidade de fornecimento de N para plantas de alta performance exclusivamente via fixação biológica. Crispino et al. (2001) cita ainda, que o conceito de imobilização microbiana do N em sistema de plantio direto, afetando a absorção da cultura, tem levado agricultores à adotar uma dose de “arranque” no sulco de semeadura.

Apesar de ser tecnicamente possível fornecer todo o N demandado pela planta via adubação mineral, há um entendimento que essa prática torna-se economicamente inviável considerando a alta demanda da planta pelo nutriente (CRISPINO et al., 2001) e o baixo aproveitamento dos fertilizantes nitrogenados (CUNHA et al., 2010). Para fins de recomendação, portanto, faz-se necessário o estudo mais aprofundado do tema por instituições competentes, além de sua combinação com a prática dos profissionais envolvidos nas indicações locais de uso de fertilizantes, estabelecendo uma rede de compartilhamento de informações. Considerando a natureza ímpar de cada ambiente de produção a construção do conhecimento deve ser cada vez mais regionalizada.

1.1 JUSTIFICATIVA

Produtores rurais e técnicos campo têm eventualmente adotado a prática da adubação nitrogenada na soja visando a mitigar um possível efeito de atraso na emergência e desenvolvimento da plântula, proporcionando supostamente um “arranque inicial” da cultura (HUNGRIA et al., 2007). Há ainda teorias de que o N mineral pode estimular a fisiologia da planta em vários aspectos a depender da idade da planta e fonte utilizada.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Esclarecer as consequências da adubação nitrogenada sobre a nodulação e rendimento da cultura da soja em comparação ao manejo com inoculação e coinoculação em municípios da região Centro Sul do Estado do Paraná.

1.2.2 Objetivos específicos

Verificar se há influência do fertilizante nitrogenado aplicado em diferentes estádios fenológicos, fontes e doses sobre o número e massa de nódulos por planta.

Atestar a eficiência da fixação biológica no fornecimento de nitrogênio para plantas de soja cultivadas em um ambiente de alta produtividade.

Avaliar o rendimento médio da soja submetida à adubação nitrogenada e combinações de inoculantes.

Analisar se o método de aplicação dos inoculantes (pulverizados no sulco de semeadura ou aplicados diretamente na semente) interfere na eficiência da nodulação e rendimento de grãos da soja.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HISTÓRIA E IMPORTÂNCIA DA SOJA

Registros apontam o leste asiático como centro de origem da espécie. Contudo, a *Glycine max* (L.) Merrill tal como a conhecemos é resultado de inúmeros cruzamentos naturais entre espécies selvagens (DALL'AGNOL et al., 2007). Após sua introdução nas américas esforços foram realizados no sentido de selecionar biótipos que apresentassem melhor adaptação às condições edafoclimáticas. Os autores anteriormente citados mencionam que após um período de ambientação nos EUA, as primeiras linhagens inseridas no Brasil foram submetidas a estudos que tinham por finalidade posicionar a soja como planta forrageira, até que seu potencial de uso industrial fosse descoberto.

Em meados da década de 1980 a soja ganhou notoriedade no Brasil, onde a EMBRAPA, em suas publicações, já ordenava pesquisas e apontava estatísticas sobre a produção e rentabilidade da cultura no país (BONATO e BONATO, 1987). Como produtora de grãos teve, de início, o propósito de intensificar o uso de áreas cultivadas com cereais de inverno. No entanto, a tropicalização da soja permitiu o avanço de sua exploração em ambientes localizados em latitudes outrora impróprias (BERTONCINI et al., 2008), ampliando sua capacidade de uso e impulsionando sua expansão na região hoje conhecida como MATOPIBA, responsável por cerca de 12% da produção nacional na última safra (CONAB, 2018).

O Paraná destaca-se por ser um dos maiores produtores por unidade de área em todo território nacional, porquanto vêm obtendo rendimentos médios acima de 3500 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018; DERAL, 2018). As altas produtividades obtidas no estado são resultado de uma combinação equilibrada de ambiente, genética e manejo. Para Bulhões (2007) o papel soja no Paraná, juntamente com o milho, está diretamente relacionada com a atividade criatória de aves, suínos e bovinos (sob confinamento). O autor compactua com Ipardes (2017), que destaca a importância das duas culturas no processo de produção de grãos e transformação em proteína animal.

A organização das nações unidas (ONU) projeta que a população mundial deverá alcançar a marca de 9 bilhões de pessoas até o ano 2050 (ONU, 2017). Neste cenário, o Brasil tem função estratégica e bem definida como fornecedor de

alimentos pois, estima-se que, até 2026 o país se tornará o maior produtor mundial de soja, superando os EUA (OCDE/FAO, 2017). Este relatório da FAO projeta uma expectativa de crescimento de 2,6% ao ano na produção da oleaginosa, atribuindo tal fato à maior disponibilidade de área para expansão do cultivo. Também serão fatores determinantes do crescimento verticalizado da produção de soja no país, o emprego de novas técnicas de manejo ligadas à corrente tecnológica conhecida como Agricultura 4.0 (ou digital), as quais, de acordo com Massruhá & Leite (2017), combinam variadas tecnologias (big data, robótica, computação em nuvem, internet das coisas, entre outros) que aplicadas ao campo conferem maior eficiência de uso de insumos, redução de custos e melhoria da qualidade com menos impactos ambientais.

2.2 FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS

Ao analisar um solo quanto à sua fertilidade, temos no material de origem o equivalente ao DNA dos seres vivos, uma vez que suas características químicas terão influência direta no tipo de solo que será formado a partir dele. A interação entre as rochas derivadas do derramamento basáltico e o clima subtropical úmido produziu na região Centro-Sul do Paraná solos altamente intemperizados (latossolos e nitossolos), predominantemente ácidos e com característica de baixa fertilidade natural (PAULETTI & MOTTA, 2017). Em contrapartida, suas propriedades físicas conferem a esses solos excelentes atributos referentes à capacidade de retenção de água e armazenamento de nutrientes, além de alta aptidão a mecanização agrícola.

A nutrição vegetal envolve os aspectos químicos do solo e a interação de seus componentes minerais com as espécies vegetais que habitam sobre ele, contemplando ainda os processos fisiológicos em que os nutrientes participam nas plantas (COSTA, 2014). Há ainda a população microbiana que atua direta e indiretamente na disponibilidade e absorção dos nutrientes pela planta (TAIZ et al., 2017), apresentando estreita relação com a física de solo.

Costa (2014) seguindo os critérios de essencialidade propostos por Liebig em sua Lei do Mínimo cita os 17 elementos essenciais às plantas: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg e S (macronutrientes) Fe, Cu, Mn, Zn, B, Cl, Mo e Ni (micronutrientes). Destaca ainda a importância dos nutrientes considerados benéficos para alguns grupos de plantas, entre eles: Co, Si, V, Se, Na. Vale notar que com os avanços

tecnológicos na pesquisa dos nutrientes, mais nutrientes podem ser identificados como essenciais ou benéficos, ou mesmo alguns benéficos podem vir a adquirir caráter de essencialidade.

As plantas acessam os nutrientes principalmente pelas raízes e os absorvem juntamente com a água onde estão dissolvidos no que se denomina solução solo. Fachin (2005) destaca que esse processo ocorre por três fenômenos conhecidos: difusão, fluxo de massa e interceptação radicular. Vários fatores controlam a dinâmica de acúmulo e liberação dos nutrientes no solo, contudo Pavinato & Rosolem (2008) destacam o papel do sistema de plantio direto na alteração da distribuição dos nutrientes (Ca, Mg, P e K) no perfil do solo, gerando um gradiente de concentração.

O estudo da nutrição de plantas apresenta relação muito estreita com a tolerância e resistência das plantas ao ataque de patógenos e herbívoros. Há muito esse efeito vem sendo estudado por diversos autores (CAKMAK et al., 1988; MARSCHNER, 1995; CHABOUSSOU, 2006) uma vez que é de grande interesse conectar esses assuntos e entender como plantas desequilibradas nutricionalmente podem se tornar mais suscetíveis ao ataque de pragas e doenças. Além disso, existem doenças de origem abiótica que podem se manifestar em plantas subnutridas na forma de distúrbios fisiológicos.

2.3 NITROGÊNIO E SOJA

A importância do nitrogênio (N) na cultura da soja é amplamente conhecida por ser um nutriente essencial na síntese proteica, a qual responde por cerca de 45% da composição total do grão da oleaginosa. Segundo Taiz et al. (2017) o N está diretamente envolvido no processo fotossintético como componente da molécula da clorofila e presente na fita de DNA na forma de ácidos nucleicos, tendo papel fundamental na transferência do código genético da espécie. Crispino et al. (2001) destacam que a planta de soja apresenta em média um teor de N de 6,5% nos grãos e 1,5% na massa de parte aérea e raízes, indicando que para produzir 1 tonelada de grãos são necessários 80 kg de N para manutenção do crescimento e frutificação.

De acordo com Câmara (2014) a planta de soja costuma apresentar dois picos de elevada atividade fotossintética, sendo o primeiro entre R1 e R2 e o segundo em R5.3 coincidindo com o início da formação de sementes. Nesta fase

todo metabolismo do N, desde a síntese de proteínas até a remobilização do nutriente das hastes e tecidos fonte, é intensificado direcionando seus produtos para os órgãos reprodutivos. Bahry et al. (2013) ressaltam a importância do N nessa fase da cultura.

Em condições naturais de solos bem drenados a forma preferencial de absorção é a aniônica NO_3^- que necessita ser reduzida a NH_4^+ para ser incorporada em compostos orgânicos, sendo a nitrato redutase e nitrito redutase as enzimas responsáveis por essa conversão. A assimilação, propriamente dita, do amônio em aminoácidos é mediada pelas enzimas glutamina sintetase (GS) e glutamato sintase (GOGAT) e ocorre rapidamente para evitar efeitos de toxicidade (TAIZ et al., 2017).

2.4 FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

Pertencente à família *Fabaceae* a planta de soja têm a capacidade de estabelecer relação simbiótica com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*. Essa interação, segundo Hungria et al. (2007) oferece benefício mútuo às espécies envolvidas onde a bactéria fixa e transfere N_2 atmosférico à leguminosa que, em contrapartida, fornece elementos nutritivos para os rizóbios.

Taiz et al. (2017) demonstram que o custo energético para fixação do N por meio do processo biológico é maior que o demandado para assimilação do N mineral sendo de 16 e 12 ATP's por N amida, respectivamente. Esse fato pode explicar a observação de Câmara (2014) quanto à baixa resposta da inoculação com *Bradyrhizobium sp.* em lavouras de soja com altos teores de matéria orgânica (M.O.) no solo. Nesse caso, se o solo estiver devidamente corrigido, a mineralização da M.O. poderá prover a quantidade necessária de N para o adequado desenvolvimento da cultura com menor gasto de energia para sua incorporação.

Há ainda a possibilidade de se fornecer o nutriente via adubação orgânica ou mineral, apesar deste último ser tecnicamente não aconselhado pois pode provocar um efeito de inibição sobre o desenvolvimento dos nódulos (HUNGRIA et al., 2007). Em todo caso, se o agricultor optar por utilizar o N em semeadura, Câmara (2014) recomenda que seja respeitado um limite de 20 kg N ha^{-1} na adubação de base. Enquanto os fertilizantes nitrogenados estão sujeitos à perdas por volatilização e lixiviação que reduzem seu aproveitamento pela planta, a inoculação também pode ter sua eficiência comprometida por fatores ambientais

desfavoráveis e falhas operacionais. Entretanto, até o momento há um consenso entre a comunidade científica de que a inoculação segue sendo a tecnologia mais eficiente na questão econômica e ambiental.

Estudos recentes de BRACCINI et al. (2014) e INOUE et al. (2018), têm demonstrado que a prática da coinoculação, que consiste na combinação de *Bradyrhizobium sp.* com outros tipos de bactérias como *Azospirillum sp.*, tem se mostrado promissora no sentido de formar novas e complexas associações gerando resultados expressivos. Apesar de moderno, há anos esse assunto já vêm sendo investigado por Araújo & Hungria (1999).

2.5 ADUBAÇÃO NITROGENADA NA SOJA

O emprego da adubação nitrogenada em leguminosas fixadoras de nitrogênio, especialmente soja, é um tema controverso e amplamente discutido. Frequentemente o assunto é tratado indiretamente em pesquisas sobre inoculação com bactérias simbióticas, muito embora venha recebendo enfoque principal em muitos trabalhos (CRISPINO et al., 2001; LAMOND & WESLEY, 2001; SANTOS NETO et al. 2013; MARCON et al., 2017).

Câmara (2014) cita que ainda existem dúvidas quanto à capacidade dos rizóbios em atender à exigência plena de N da cultura da soja. Há trabalhos que partem desse princípio afirmando que a FBN, unicamente, pode ser incapaz de sustentar altas produtividades (PIEROZAN JUNIOR, 2016). Entretanto, Fontoura e Barth (2013) demonstram que é possível atingir rendimentos superiores a 6 toneladas por hectare sem lançar mão de nenhum tipo de adubação nitrogenada, ao passo que Hungria et al. (2007) explicam que a seleção de estirpes com elevada capacidade de fixação e melhorias na técnica de inoculação vêm acompanhando a evolução do potencial genético das cultivares modernas de soja.

Práticas de manejo como antecipação do plantio da soja visando evasão de pragas e doenças podem levar à um menor crescimento das plantas, com baixa altura de inserção de vagens, implicando em dificuldades na operação de colheita. Nesse contexto há produtores que adotam como padrão uma dosagem mínima de N no sulco de plantio com o objetivo de promover um “arranque” inicial de plântulas mais pronunciado, reduzindo os efeitos negativos da semeadura em épocas de maior risco climático (DA SILVA et al., 2011). Outra preocupação por parte de

produtores que geralmente leva ao uso equivocado de N na base é o amarelecimento inicial da soja inoculada que, segundo Hungria et al. (2007), ocorre por causa da infecção bacteriana, o que é perfeitamente normal para a fase de estabelecimento da simbiose sem danos à produtividade.

O fertilizante nitrogenado vêm sendo utilizado prioritariamente na semeadura via fertilizantes sólidos e nos estádios de crescimento, florescimento e enchimento de grãos por meio de fontes líquidas. Além do aspecto nutricional há posicionamentos adotados com base em possíveis efeitos sobre a fisiologia da cultura como elevação do potencial fisiológico das sementes (FERREIRA et al., 2018; SCHMID et al., 2016), aumento da eficiência de uso de fósforo mediante modificação do pH rizosférico (GONÇALVES et al., 2018), associação com moléculas fitossanitárias visando aumentar sua absorção e eficiência (DE CARVALHO et al., 2011), entre outros.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Objetivando mitigar dúvidas quanto à resposta da soja à adubação nitrogenada e seu efeito sobre a nodulação, três ensaios foram instalados – em um trabalho de cooperação com a Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária (FAPA) - nos municípios de Pinhão (altitude: 1048 m; latitude: 25°66'56" S e longitude: 51°71'65" O), Guarapuava – Entre Rios (altitude: 1120 m; latitude: 25°55'22" S e longitude: 51°47'91" O) e Cândói (altitude: 1000 m; latitude: 25°57'37" S e longitude: 51°92'85" O) objetivando proporcionar variabilidade edafoclimática ao experimento. Os locais foram definidos pela FAPA, sendo um deles área própria da instituição (Entre Rios) e outros dois em propriedades particulares pertencentes à cooperados da Agrária, todos pertencentes à região Centro Sul do Estado do Paraná.

O clima da macrorregião é classificado como Cfb - Clima temperado com verão ameno (MAACK, 2002) e o tipo de solo predominante na região é Latossolo Bruno. As características químicas dos solos antes da instalação do experimento estão apresentados na TABELA 1.

TABELA 1 – ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SOLOS DE TRÊS LOCAIS: PINHÃO, CANDÓI E ENTRE RIOS (GUARAPUAVA)

	pH	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC _{7,0}	P	V	M.O.
	CaCl	cmol _c dm ⁻³							mg dm ⁻³	%	
Cândói	4,90	0,30	4,10	2,30	0,1	7,30	6,70	14,00	4,80	47,9	5,81
FAPA	5,60	0,36	10,56	3,44	0,0	5,47	14,36	19,83	17,7	72,4	5,72
Pinhão	6,20*	0,15	7,10	4,40	0,0	2,80	11,65	14,45	25,0	80,6	4,70

FONTE: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária – FAPA (2019)

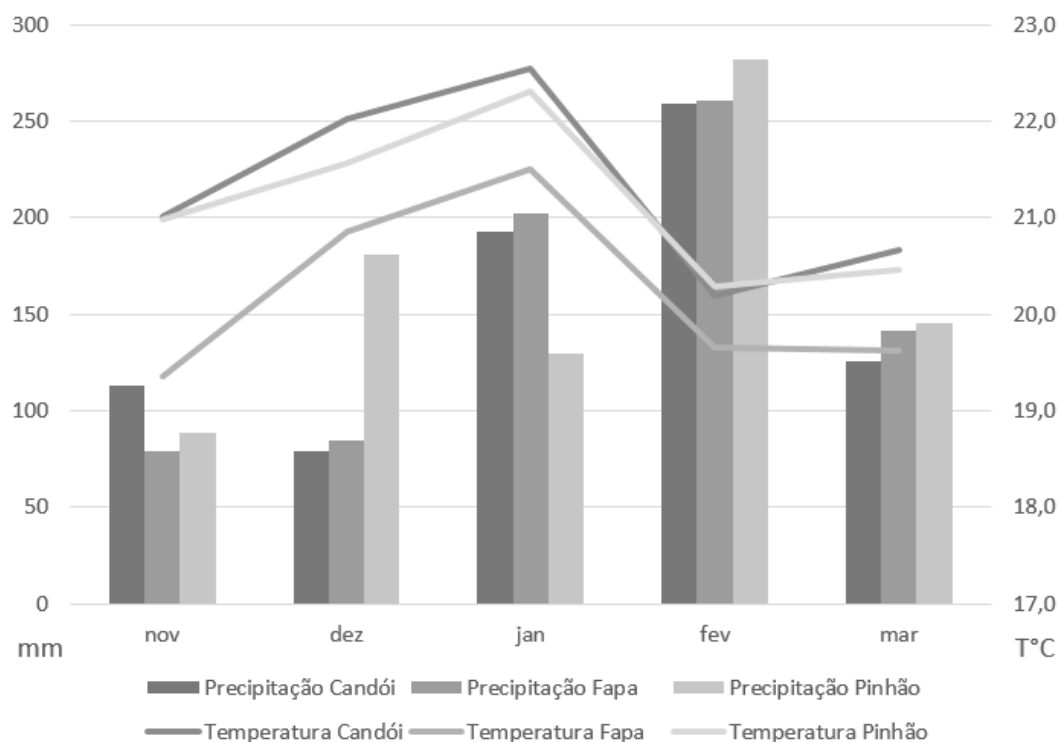
NOTA: * pH em água.

Quanto ao uso das áreas antes da implantação do experimento, em Pinhão e Entre Rios empregou-se aveia preta com finalidade de pastejo e cobertura, respectivamente, enquanto em Cândói a área permaneceu em pousio durante o inverno. As áreas são submetidas regularmente à rotação de culturas com milho/cereais de inverno/soja.

Informações relativas ao regime pluviométrico e temperatura média do ar durante a fase vegetativa da cultura estão ilustradas na Figura 1, sendo que os volumes totais de chuva observados foram: 769,2 mm, 767,2 mm e 826 mm em Cândói, Fapa e Pinhão, respectivamente. A diferença pouco expressiva pode ser atribuída à proximidade dos locais que estão em um raio de aproximadamente 25

km. Entende-se por fase vegetativa o período de tempo entre plantio e maturação fisiológica da cultura. Os dados meteorológicos foram coletados de estações de monitoramento climático localizadas nas propriedades da Fapa e cooperados da Agraria.

FIGURA 1 – PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA MÉDIA MENSAIS OBSERVADOS DURANTE A FASE VEGETATIVA DAS CULTURAS



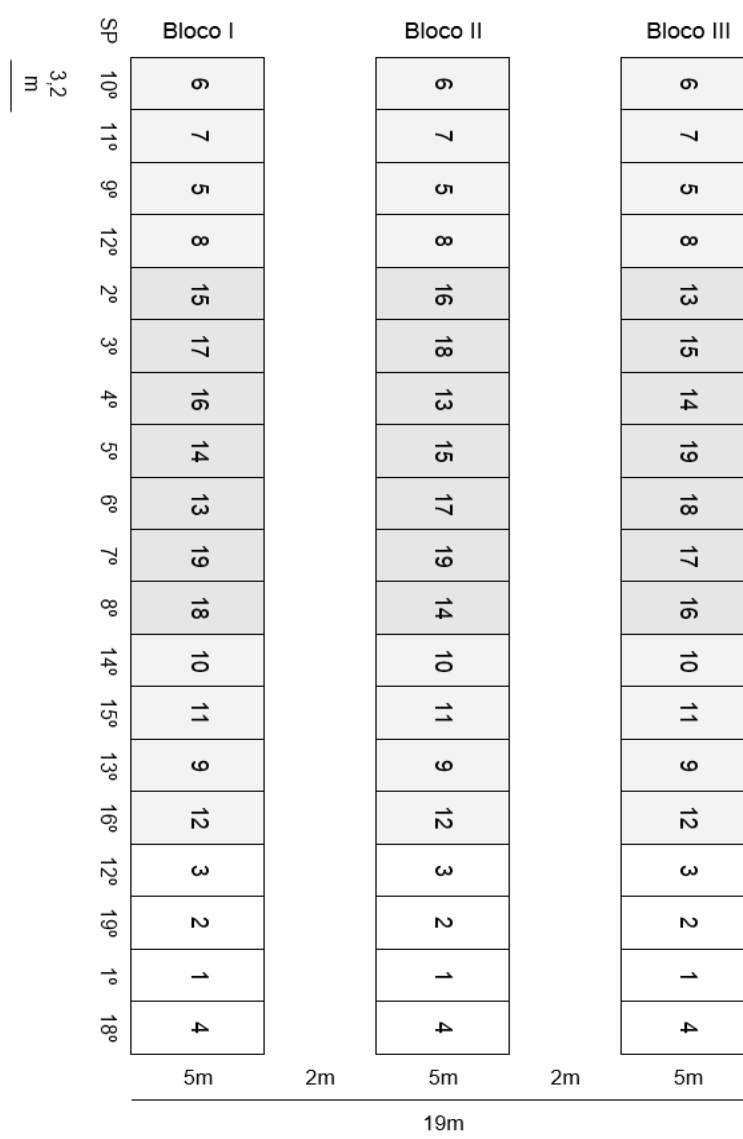
FONTE: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária – FAPA (2019)

O plantio foi realizado em três etapas: 08/11/2018 (Pinhão), 09/11/2018 (Candói) e 13/11/2018 (Fapa), utilizando-se de semeadora de parcelas (Semeato) com oito linhas espaçadas em 0,4 m entre elas. As parcelas, portanto, tiveram 3,2 m de largura por 5 m de comprimento (16 m² de área total). Nessas ocasiões procurou-se estabelecer uma população de 350 mil plantas ha⁻¹ da cultivar 58I60RSF IPRO (BMX Lança). O arranjo das parcelas nos ensaios foi padronizada para todos os locais e pode ser visualizado no croqui conforme disposto na Figura 2.

A adubação de base padrão foi de 250 kg ha⁻¹ da formulação comercial 00-25-25 (N-P-K). Para fornecimento de nitrogênio utilizou-se, exceto na testemunha, ureia (45% N) e Nitamin® (330 g/L N) como fontes minerais sólida e líquida, respectivamente e os inoculantes *Bradyrhizobium japonicum* 7x10⁹ UFC mL⁻¹

(Cepas: Semia 5079 e Semia 5080) e *Azospirillum brasiliense* 2×10^8 UFC mL⁻¹ (Cepas: AbV5 e AbV6) como fonte biológica, conforme apresentado na Tabela 1. Para aplicação dos inoculantes na linha de plantio foi utilizado pulverizador de sulco H3M® com capacidade para 20 litros e vazão de 55 L ha⁻¹. O equipamento foi esgotado e submetido a enxágue ao fim do plantio de cada parcela.

FIGURA 2 – CROQUI DO EXPERIMENTO



NOTA: SP: Sequência de plantio.

O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com três repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F

e, na existência de efeitos significativos dos tratamentos, foram submetidos ao teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias.

TABELA 2 – DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS

Nº	Bradyrhizobium	Azospirillum	Nitrogênio	Tratamentos	Dose
1				Test. sem reinoculação	Controle
2	Semente			Test. com reinoculação	100 mL ha ⁻¹
3	Semente	Semente		Azospirillum	100 mL ha ⁻¹
4	Semente		½ plantio+ ½ R1	Test. N ⁽³⁾	300 kg N ha ⁻¹
5	Sulco ⁽¹⁾			Inoculação 1x a dose	100 mL ha ⁻¹
6	Sulco			Inoculação 2x a dose	200 mL ha ⁻¹
7	Sulco			Inoculação 4x a dose	400 mL ha ⁻¹
8	Sulco			Inoculação 6x a dose	600 mL ha ⁻¹
9	Sulco	Sulco		Coinoculação 1x a dose	100 mL ha ⁻¹
10	Sulco	Sulco		Coinoculação 2x a dose	200 mL ha ⁻¹
11	Sulco	Sulco		Coinoculação 4x a dose	400 mL ha ⁻¹
12	Sulco	Sulco		Coinoculação 6x a dose	600 mL ha ⁻¹
13			Foliar ⁽²⁾	V4	6 L ha ⁻¹
14			Foliar	R2	6 L ha ⁻¹
15			Foliar	R5.1	6 L ha ⁻¹
16			Foliar	V4 + R2	6 L ha ⁻¹
17			Foliar	V4 + R5.1	6 L ha ⁻¹
18			Foliar	R2 + R5.1	6 L ha ⁻¹
19			Foliar	V4 + R2 + R5.1	6 L ha ⁻¹

NOTA: ⁽¹⁾Vazão de calda: 55 L ha⁻¹; ⁽²⁾Nitamin®; ⁽³⁾Ureia (45%) aplicada em superfície.

3.1 AVALIAÇÕES

3.1.1 Nodulação no estágio fenológico R1

Para avaliação do número e massa de nódulos foram coletadas, por parcela, cinco plantas em estágio fenológico R1 (início do florescimento). As plantas foram sempre retiradas da segunda linha contada a partir da borda da parcela a fim de preservar as quatro linhas centrais para colheita. Na mesma ocasião realizou-se a aplicação do fertilizante líquido a base de nitrogênio (330 g/L N) e ureia (45% N) consoante à Tabela 2.

Após a coleta a campo as raízes foram cortadas em formato quadrado (20 x 20 cm) e em seguida lavadas. A área de 0,04 m² foi determinada por concentrar os nódulos com maior eficiência no fornecimento de N para a planta. Feito isso os nódulos foram destacados das raízes e levados à estufa a 60°C até atingir massa constante.

A contagem de nódulos foi feita por aparelho usualmente empregado na contagem de sementes (Pffeuffer), composta por recipiente posto sob superfície vibratória, que conduz o material até um contador fotoelétrico. Na sequência os nódulos contados foram colocados sobre balança de precisão (Mettler Toledo®) de 0,1 g de erro para aferição de sua massa.

3.1.2 Rendimento de grãos

As colheitas foram realizadas em 21/03/2019, 24/03/2019 e 02/04/2019 em Pinhão, Candói e Fapa, respectivamente. Para esse procedimento foi utilizada colhedora de parcelas Wintersteiger® (Classic) com plataforma de largura 1,60 m colhendo quatro linhas por vez, ou seja, uma área útil de 8 m².

As amostras colhidas foram ensacadas e encaminhadas à Fapa para secagem em estufa a 60°C até a umidade alcançar valor próximo a 13%. Feito isso procedeu-se com a avaliação propriamente dita: aferição da massa para determinação do rendimento, onde o rendimento de cada parcela foi calculado e extrapolado para a unidade kg ha⁻¹.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

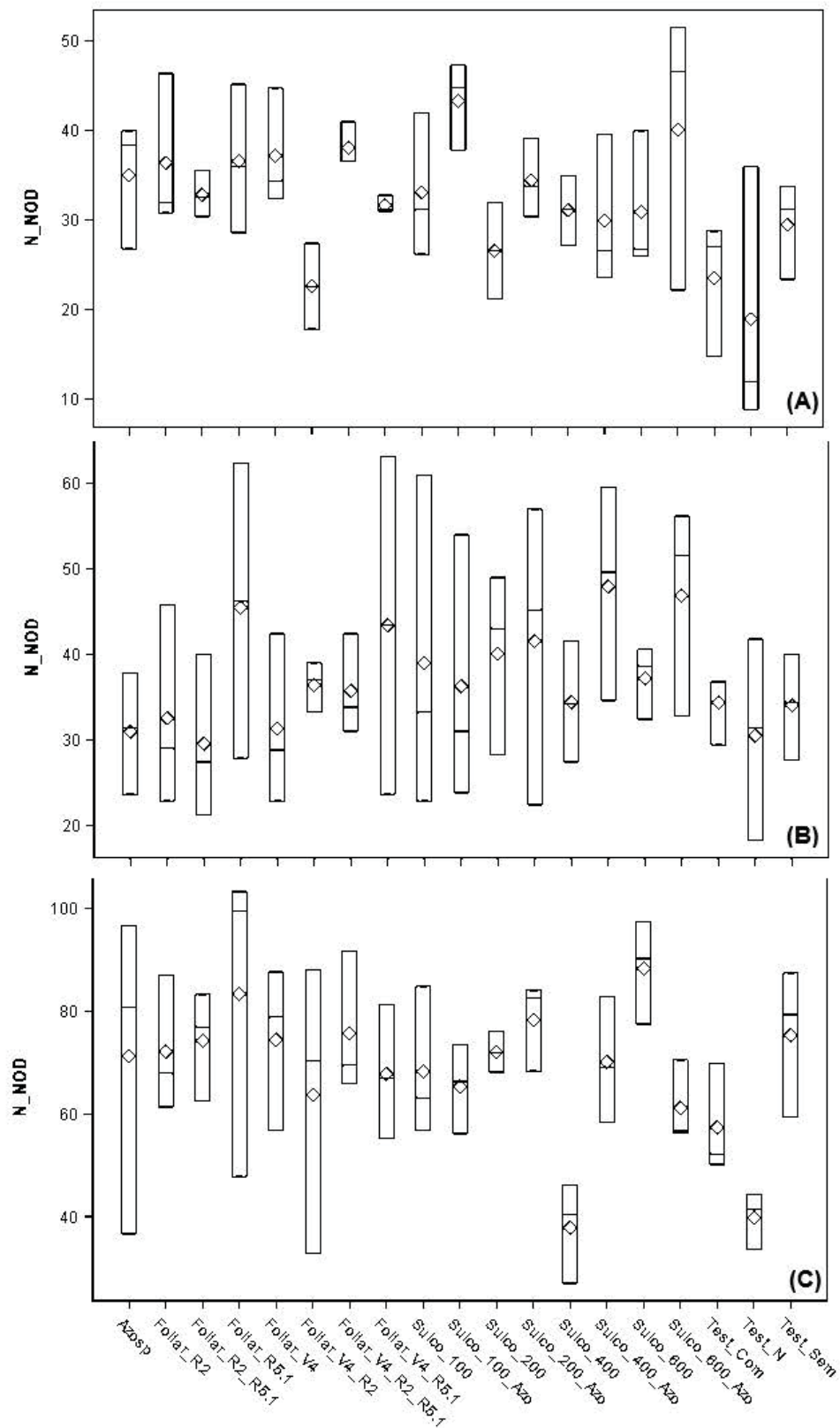
As variáveis número e massa de nódulos foram influenciadas de maneira muito similar pelos tratamentos nos três ambientes de produção estudados, conforme pode ser visualizado na Tabela 3. Em Candói houve diferença significativa ($p < 0,05$) quando comparou-se T9 (coinoculação 1x a dose) com T4 (testemunha com ureia), sendo nesta observada redução para ambas as variáveis avaliadas em função do N disponível que, segundo Hungria et al. (2007), afeta diretamente a nodulação. Isso pode ser explicado pelo menor custo energético para aquisição do N mineral em relação ao fixado biologicamente (Taiz et al., 2017), ou seja, através da simbiose há um gasto de energia adicional da planta para nutrição dos rizóbios, enquanto na forma mineral não há necessidade de tal. Logo, a forma mineral sempre será preferencialmente absorvida. A distribuição da variância dos dados de número de nódulos por planta e massa de nódulos por planta nos ensaios pode ser observada nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

TABELA 3 – NÚMERO E MASSA DE NÓDULOS POR PLANTA DE SOJA, EM TRÊS AMBIENTES DE PRODUÇÃO (CANDÓI, FAPA E PINHÃO), EM FUNÇÃO DE COMBINAÇÕES DE TRATAMENTOS COM E SEM INOCULAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA DE BASE E FOLIAR

Tratamento	Candói		FAPA		Pinhão	
	Número	Massa (g)	Número	Massa (g)	Número	Massa (g)
1	29.47 AB	80.67 AB	34.00 A	151.33 A	75.47 AB	202.00 AB
2	23.53 AB	71.33 AB	34.33 A	112.00 AB	57.47 AB	180.00 AB
3	35.07 AB	82.67 AB	30.93 A	144.00 A	71.33 AB	199.33 AB
4	18.93 B	49.33 B	30.47 A	54.67 B	39.80 B	86.67 B
5	33.13 AB	109.33 A	39.00 A	174.67 A	68.33 AB	200.00 AB
6	26.60 AB	82.67 AB	40.07 A	146.00 A	72.13 AB	192.67 AB
7	31.13 AB	105.33 A	34.40 A	188.67 A	37.87 B	162.67 AB
8	30.93 AB	80.67 AB	37.20 A	151.33 A	88.47 A	240.00 AB
9	43.33 A	107.33 A	36.27 A	124.67 AB	65.40 AB	229.33 AB
10	34.47 AB	97.33 AB	41.53 A	146.67 A	78.40 AB	252.00 A
11	29.93 AB	100.00 AB	47.93 A	156.00 A	70.20 AB	220.00 AB
12	40.13 AB	109.33 A	46.87 A	156.00 A	61.27 AB	191.33 B
13	37.20 AB	97.33 AB	31.33 A	114.67 AB	74.53 AB	212.00 AB
14	36.40 AB	102.67 AB	32.53 A	140.67 A	72.20 AB	205.33 AB
15	36.60 AB	114.00 A	45.47 A	176.00 A	83.47 AB	231.33 AB
16	22.60 AB	66.00 AB	36.40 A	130.00 AB	63.80 AB	193.33 AB
17	31.67 AB	92.67 AB	43.40 A	147.33 A	67.87 AB	194.00 AB
18	32.87 AB	101.33 AB	29.53 A	116.67 AB	74.33 AB	200.00 AB
19	38.07 AB	119.33 A	35.73 A	126.67 AB	75.80 AB	230.00 AB
Média	32.21	93.12	37.23	139.89	68.32	201.16
CV (%)	12.85	12.74	15.60	11.80	11.97	14.79

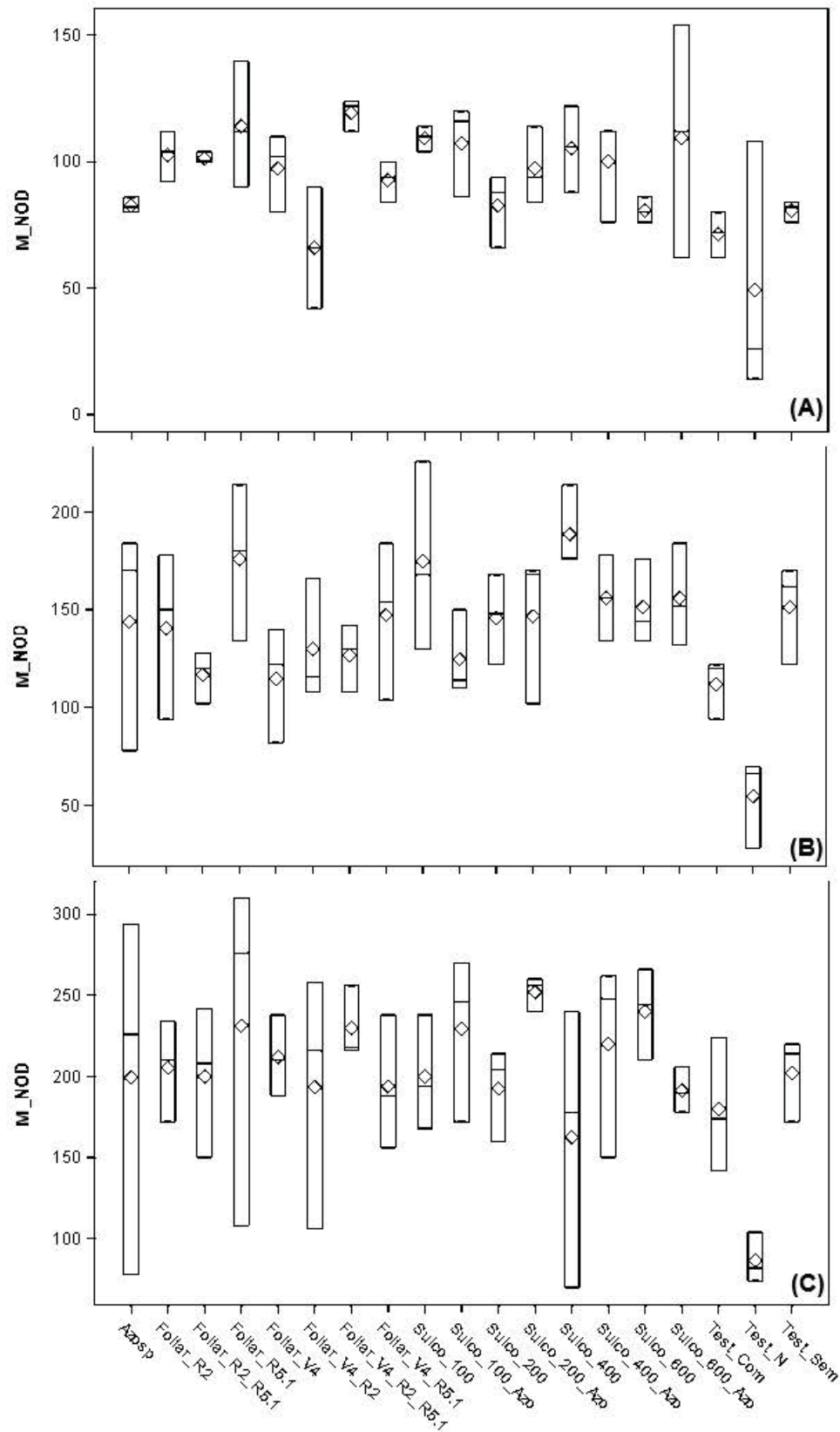
NOTA: Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de média de Tukey ($p < 0,05$).

FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO DA VARIÂNCIA DOS RESULTADOS DE NÚMERO DE NÓDULOS



NOTA: (A) Candói; (B) FAPA (B); (C) Pinhão. Cada barra representa a amplitude dos dados e o losango interno indica a média de todas as repetições para cada tratamento; ANOVA ($p < 0,05$).

FIGURA 4 – DISTRIBUIÇÃO DA VARIÂNCIA DOS RESULTADOS DE MASSA DE NÓDULOS



NOTA: (A) Candói; (B) FAPA (B); (C) Pinhão. Cada barra representa a amplitude dos dados e o losango interno indica a média de todas as repetições para cada tratamento; ANOVA ($p < 0,05$).

A redução do número e massa de nódulos, portanto, está relacionada à percepção do N mineral disponível no sistema pela planta que, em resposta, reduz a sinalização às bactérias simbiontes. O resultado observado corrobora com Ambrosini (2019) e Mendes et al. (2008) que também notaram redução da nodulação em função da adubação nitrogenada. Por outro lado, Cardoso et al. (2018) tiveram resultados positivos em baixas doses de N. Os demais tratamentos não se diferenciaram significativamente ($p < 0,05$) dos anteriormente citados.

Comportamento semelhante foi notado no local de ensaio Pinhão para as mesmas variáveis embora, além do T4, tenha havido redução significativa ($p < 0,05$) da média do T7 (inoculação 4x a dose) para a variável número de nódulos e do T12 (coinoculação 6x a dose) para a variável massa de nódulos. Em contrapartida o T8 (inoculação 6x a dose) e o T10 (coinoculação 2x a dose) destacaram-se positivamente para a variável número e massa de nódulos, respectivamente.

Na estação da FAPA não foi observada diferença estatística significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos para a variável número de nódulos. Apesar disso, a massa de nódulos acompanhou a tendência dos outros locais, diferenciando-se negativamente dos demais no T4. Nesse ensaio supostamente não houve interferência do N mineral no estabelecimento da simbiose, mas sim no primeiro pico de nodulação que coincide com o início do florescimento (CÂMARA, 2014), afetando negativamente a variável massa de nódulos. O nitrogênio líquido aplicado via foliar não influenciou essas variáveis, apesar de existirem apontamentos de que ele possa promover um estímulo à nodulação (PEREIRA et al., 2018). Considerando a dose do produto em cada aplicação, aproximadamente 2 kg ha⁻¹ de N foram pulverizados, quantidade dezenas de vezes inferior à mencionada por Crispino et al. (2001) como necessária ao adequado desenvolvimento da planta.

A variável rendimento de grãos não sofreu alterações significativas ($p < 0,05$) por efeito dos tratamentos nos locais Candói e FAPA (Tabela 4), corroborando com Perusso (2013). O fato de o controle (T1) não ter diferido significativamente dos demais tratamentos, pode ser um indicador de que o sistema de manejo e as condições edafoclimáticas da região favorecem a sobrevivência dos rizóbios durante a entressafra, resultando numa resposta menos acentuada à reinoculação. Cabe destacar que nos três locais o cultivo anterior foi soja, submetida a reinoculação, o que reforça o argumento anterior. Mesmo assim, a técnica é recomendada para fins de manutenção das populações em altos níveis e reintrodução de cepas mais

eficientes, ao passo que aquelas que permanecem no solo de um ano a outro adquirem hábitos saprofíticos e tornam-se menos eficazes em estabelecer simbiose com o decorrer do tempo.

Em Pinhão, no entanto, o resultado foi controverso porque vai de encontro ao que foi observado nas variáveis anteriormente analisadas. O T4, que havia demonstrado redução da nodulação, expressou o maior rendimento diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) de T15 e T7 (menor média entre os tratamentos), mas não do controle (T1). Bahry et al. (2013) obtiveram resposta similar ao avaliar fontes de nitrogênio e épocas de aplicação, concordando com Mendes et al. (2008) que, no entanto, analisando a viabilidade econômica notaram que não houve vantagem em termos de retorno do investimento e lucro propriamente dito.

TABELA 4 – RENDIMENTO DE GRÃOS DE SOJA (58I60RSF IPRO) EM TRÊS AMBIENTES DE PRODUÇÃO (CANDÓI, FAPA E PINHÃO), EM FUNÇÃO DE COMBINAÇÕES DE TRATAMENTOS COM E SEM INOCULAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA DE BASE E FOLIAR

Tratamento	Candói	FAPA kg ha ⁻¹	Pinhão
1	6033.2 A	5396.8 A	5535.0 AB
2	5826.1 A	5440.3 A	5650.7 AB
3	5792.8 A	5483.3 A	5536.5 AB
4	6025.3 A	5467.4 A	5757.6 A
5	5822.6 A	5408.5 A	5320.7 ABC
6	5903.4 A	5370.1 A	*
7	5670.4 A	5304.5 A	4763.3 C
8	5690.2 A	5415.5 A	5381.0 AB
9	5865.1 A	5658.3 A	5314.2 ABC
10	5568.3 A	5587.8 A	5191.2 ABC
11	5811.9 A	5450.1 A	5414.8 AB
12	5861.2 A	5519.0 A	5549.6 AB
13	5935.7 A	5419.1 A	5423.4 AB
14	6122.3 A	5399.2 A	5310.5 ABC
15	5753.4 A	5541.3 A	5078.2 BC
16	5929.0 A	5405.9 A	5482.3 AB
17	5724.8 A	5496.0 A	5526.7 AB
18	5892.4 A	5654.6 A	5358.2 ABC
19	5713.5 A	5476.7 A	5291.2 ABC
Média	5839.0	5468.1	5382.4
CV (%)	3.23	3.72	3.52

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de média de Tukey ($p < 0,05$) de probabilidade de erro. *T6 (Pinhão): todas as repetições foram descartadas por apresentarem desuniformidade de maturação.

Esse comportamento possivelmente relaciona-se com o fator nitrogênio no sistema. Como a redução no número e massa de nódulos não afetou negativamente a produtividade, supõe-se que havia quantidade suficiente de N mineral no solo para

a manutenção da planta durante todo o ciclo, inclusive capaz de sustentar uma produtividade superior a 5.7 toneladas ha⁻¹. De fato o resultado permite afirmar que seria possível complementar o fornecimento de N via fertilizante mineral, muito embora, se for analisada de um viés econômico, essa prática proporcionaria o que Mascarenhas et al. (2001) define como aumento de produtividade não lucrativa, uma vez que os custos de produção também aumentam. Em outras palavras, enquanto houve aumento no custo de produção quando se utilizou a fonte mineral, nos tratamentos que receberam apenas inoculação o N que entrou no sistema via ar atmosférico, promovendo um incremento significativo a baixo custo.

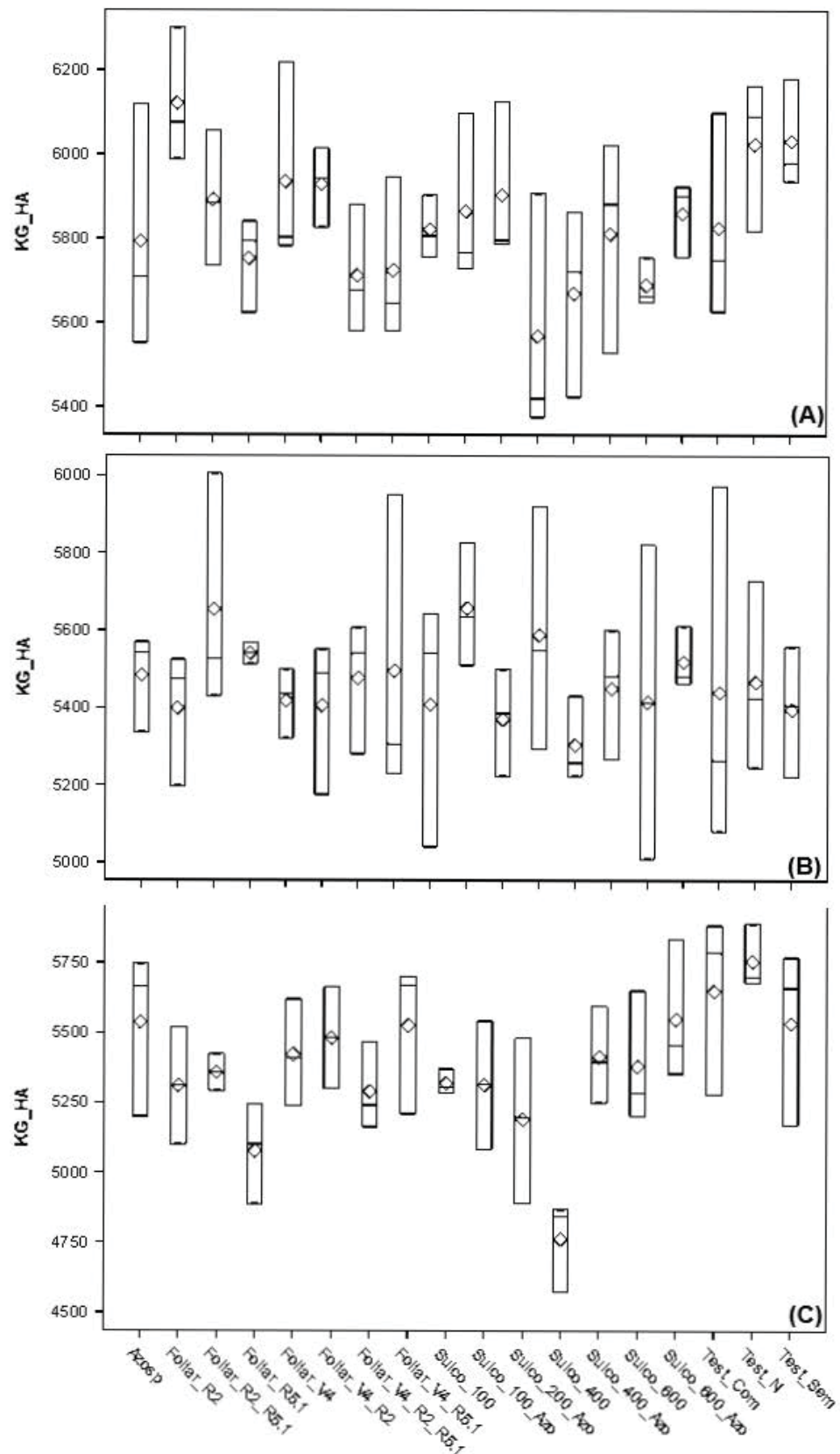
Ademais a área de Pinhão é arrendada e foi a única submetida a pastejo com alta taxa de lotação (pisoteio excessivo) no inverno sendo, do ponto de vista de manejo, a pior. Pouca cobertura quando da implantação da cultura da soja e pouca rotação de culturas, são fatores que podem ter influenciado na resposta à adubação nitrogenada.

Tendo em vista que um dos objetivos da adubação nitrogenada em soja é promover um “arranque inicial” da cultura (HUNGRIA et al., 2007) vale ressaltar que o ajuste fitotécnico da cultivar com adequado arranjo da população de plantas pode mitigar possíveis efeitos de redução de crescimento em função do clima a um custo bastante reduzido.

Em relação à forma de aplicação do inoculante (sulco ou semente), observou-se que nas áreas com SPD estabelecido não há diferença entre os métodos se forem respeitadas as indicações de conservação e uso do fabricante. Entretanto, do ponto de vista operacional há vantagens em utilizar o método de pulverização no sulco.

Por fim, os resultados obtidos confirmam a elevada capacidade de fornecimento de N pela fixação biológica, equivalente a 1,65 vez a quantidade total consumida pela planta segundo Cunha et al. (2010). Entretanto, deve-se lembrar que o N do solo pode responder por até 35% da produção da cultura (BORKERT, 1994). Nesse sentido são promissores os estudos como de Viola et al. (2013) conduzidos no sentido de sincronizar a liberação dos nutrientes presentes nos resíduos de plantas de cobertura (adubação verde) com as fases de alta demanda pelas culturas (MASCARENHAS et al., 2001), possibilitando uma economia significativa de fertilizantes.

FIGURA 5 – DISTRIBUIÇÃO DA VARIÂNCIA DOS DADOS DE RENDIMENTO



NOTA: (A) Candói; (B) FAPA (B); (C) Pinhão. Cada barra representa a amplitude dos dados e o losango interno indica a média de todas as repetições para cada tratamento; ANOVA ($p < 0,05$).

Bahry et al. (2013), em seu trabalho, faz uma colocação pertinente de que nos anos em que haja expectativa de aumento no preço da soja e/ou redução do valor dos fertilizantes pode haver benefício no emprego da adubação nitrogenada em soja, sobretudo se a nodulação for prejudicada em razão do clima. Para tanto, o assunto exige análise e interpretação a nível regional, considerando o fator cultivar, idade da planta, fonte e dose utilizada, assim como cruzamento com informações de cultivos anteriores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para os locais FAPA e Candói não houve vantagem em se empregar a adubação nitrogenada em nenhuma de suas formas e épocas para as todas as variáveis analisadas. Conquanto em Pinhão a testemunha com N (ureia) obteve o maior rendimento entre os tratamentos, apesar de não diferenciar-se estatisticamente do controle. Essa resposta positiva pode estar relacionada ao fato de a área arrendada ter pouca rotação de culturas e ter sido submetida a pastejo intenso no inverno e de modo que o resíduo de palhada sobre o solo estava reduzido no momento do plantio.

O resultado de Pinhão foi de encontro ao observado nas variáveis número e massa de nódulos indicando que o cultivo anterior, o manejo e as condições edafoclimáticas podem ter influenciado na resposta à reinoculação, por favorecer a sobrevivência de populações de rizóbios nos períodos de entressafra. Há ainda que se dizer que, possivelmente, a parcela de N disponível no solo durante o ciclo da cultura foi suficientemente capaz de suprir a demanda nutricional das plantas com economia de energia. Todavia o fator econômico pode inverter essa vantagem, sobretudo se for analisado o balanço de N no sistema após a colheita.

Por assim dizer, o presente trabalho sugere que nas condições deste experimento a fixação biológica de nitrogênio é capaz de suprir a demanda da soja em ambientes de produção de elevado potencial. Sedimenta-se, assim, a teoria de que é possível sustentar altas produtividades tão somente com a técnica da inoculação. Entretanto, destaca-se a importância de levar sempre em consideração as peculiaridades e conhecimentos regionais em cada recomendação.

A técnica da coinoculação não destacou-se em relação à inoculação convencional com *Bradyrhizobium* apenas. Também não houve diferença significativa entre os métodos de inoculação, embora em termos de rendimento operacional haja uma nítida vantagem do método de pulverização do inoculante no sulco em relação à inoculação via semente.

REFERÊNCIAS

- AMBROSINI, V. G. **Inoculação de sementes, fixação biológica de nitrogênio e resposta à adubação nitrogenada em soja na região centro-sul do paraná**. 85 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.
- ARAÚJO F. F., HUNGRIA M. Nodulação e rendimento de soja co-inoculada com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum*/B. *elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1633-1643, 1999.
- BAHRY, C. A.; VENSKE, E.; NARDINO, M.; FIN, S. S.; ZIMMER, P. D.; DE SOUZA, V. Q.; CARON, B. O. Características morfológicas e componentes de rendimento da soja submetida à adubação nitrogenada. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 6, n. 21, p. 281-288, 2013.
- BERTONCINI, J. D.; FELSSNER, G. C. L.; CUSTÓDIO, A. M.; NASCIMENTO Jr, L.; h, R.; SALINET, L. H.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B. **Rendimento de grãos de cultivares de soja convencional e transgênica em resposta à disponibilidade hídrica**. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 2008, Londrina. Resumos expandidos... Londrina: Embrapa Soja, 2008. p. 150-154.
- BONATO, E. R., BONATO, A. L. V. **A soja no Brasil: história e estatística**. Londrina: EMBRAPA -CNPSo, 1987. 61p. (Documentos, 21).
- BORKERT, C. M.; YORINORI, J. T.; FERREIRA, B. S. C.; ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; SFREDO, G. J. Seja o doutor da sua soja. **Informações Agronômicas**, n. 66, 1994. 17 p.
- BRACCINI, A. L.; MARIUCCI, G. E. G.; SUZUKAWA, A. K.; LIMA, L. H. DA. S.; PICCININ, G. G. Co-inoculação e modos de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 1, p. 27-35, 2014.
- BULHÕES, R. **O peso da soja na economia do Estado do Paraná**. V Encontro de Economia Paranaense: perspectivas de inserção global e equidade interna, 2007.
- CAKMAK, I.; MARSCHNER, M. Increase in membrane permeability and exsudation of roots of zinc deficient plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 132, p. 356-361, 1988.
- CÂMARA, G. M. S. Fixação Biológica de nitrogênio em soja. **Informações agronômicas**, n. 147, 9 p. 2014.
- CARDOSO, N. R. P.; DA FONSECA, A. B.; FUJIYAMA, B. S.; RAMOS, J. A. DA SILVA JÚNIOR, M. L. **Efeito de doses de nitrogênio na nodulação e biomassa de**

plantas de soja. Enciclopédia Biosfera, v.15, n. 27, Centro Científico Conhecer, Goiânia, p. 179-187. 2018.

CHABOUSSOU, F. Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos. **Expressão Popular**, São Paulo, 2006. 320 p.

COMITE ESTRATÉGICO SOJA BRASIL – CESB. **Desafio nacional da máxima produtividade 2016/2017: Campeão Brasil (SUL)**. 2017. 25 p. Disponível em: <<http://www.cesbrasil.org.br/wp-content/uploads/2018/06/Case-p-CESB-Sul-e-Nacional-Safra-17-18.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – Safra 2017/2018**, v. 5, n. 9 – Brasília, 178 p. 2018.

COSTA, A. R. **Nutrição Mineral em Plantas Vasculares**. Universidade de Évora. 2014. 147 p.

CRISPINO, C. C.; FRANCHINI, J. C.; MORAES, J. Z.; SIBALDELLE, R. N. R.; LOUREIRO, M. F.; SANTOS, E. N.; CAMPO, J. R.; HUNGRIA, M. **Adubação nitrogenada na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja-Comunicado Técnico, 75, 6p. 2001.

CUNHA, J.F., CASARIN, V. AND PROCHNOW, L.I. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. **Informacoes agrônômicas 130**. International Plant Nutrition Institute, Piracicaba, 2010. 11 p.

DALL'AGNOL, A. **Embrapa Soja no contexto do desenvolvimento da soja no Brasil: histórico e contribuições**. Brasília: Embrapa, 2016. 71 p.

DALL'AGNOL, A.; ROESSING, A. C.; LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H.; DE OLIVEIRA A. B. **O complexo agroindustrial da soja brasileira**. Embrapa Soja-Circular Técnica 43, 12 p. 2007.

DA SILVA, A. F.; DE CARVALHO, M. A. C.; SCHONINGER, E. L.; MONTEIRO, S.; CAIONE, G.; SANTOS, P. A. Doses de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 404-412, 2011.

DE CARVALHO, S. J. P.; FILHO, H. T.; DIAS, A. C. R.; NICOLAI, M. CHRISTOFFOLETI, P. J. Participação do nitrogênio na indução de injúrias foliares e na eficácia do herbicida glyphosate. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 4, p. 516-524, 2011.

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL (DERAL). **Soja - Análise da conjuntura**. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento – Curitiba, 13 p. 2018.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 186p.

FERREIRA, A.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; YOKOYAMA, A. H.; GARBELINI, L. G.; ZUCARELI, C. Nitrogênio mineral e culturas de entressafra influenciando o potencial fisiológico de sementes de soja. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE 2018, Goiânia. **Anais...** Brasília: Embrapa Soja, 2018. p. 1022-1024.

FONTOURA, S. M. V.; BARTH, G. **Adubação nitrogenada e inoculação da soja.** In: reunião de pesquisa de soja, 33. 2013, Londrina. Resumos Expandidos... Londrina: Embrapa Soja, 2013.

GONÇALVES, A. S. F.; PERISSATO, S. M.; MELO, C. V. C. B.; BATISTA, T. B.; CALONEGO, J. C.; ROSOLÉM, C. A. Nitrogênio amoniacal como fator modificante do pH rizosférico e eficiência de uso do fósforo em soja. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2018, Goiânia. **Anais...** Brasília: Embrapa Soja, 2018. p. 791-793.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja:** componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. EMBRAPA. 2007. 80 p. (Documentos, 283).

INOUE, T. T.; ZAMPAR, E. J. O.; BATISTA, M. A.; GOES NETO, A. F.; CASSIM, B. M. A. C.; COSTA, E. J. O.; MAZZI, F. L.; BUSO, P. H. M. Componentes de rendimento e produtividade da soja em função da inoculação/coinoculação com *Bradyrhizobium* e *Azospirillum* via tratamento de sementes ou sulco de semeadura. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2018, Goiânia. **Anais...** Brasília: Embrapa Soja, 2018. p. 860-862.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Anuário Estatístico do Brasil.** Rio de Janeiro, v. 77, 2017. 436 p.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES). **As espacialidades socioeconômico-institucionais no período 2003-2015.** Curitiba, 239 p. 2017.

LAMOND, R.E.; WESLEY T.L. Adubação nitrogenada no momento certo para soja de alta produtividade. **Informações agrônômicas**, n. 95, p. 6-7. 2001.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná.** 3 ed. Curitiba: Imprensa Oficial. 440 p. 2002

MARCON, E. C.; ROMIO, S. C.; MACCARI, V. M.; KLEIN, C.; LÁJUS, C. R. Uso de diferentes fontes de nitrogênio na cultura da soja. **Revista Thema**, Joaçaba, v. 14, n. 2, 2017, p. 298-308.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2 ed. **Academic Press**, San Diego, 1995. 889 p.

MASCARENHAS, H. A. A.; WUTKE, E. B.; BRAGA, N. R.; TANAKA, R. T.; MIRANDA, M. A. C. Cultura da Soja: adubar ou não com nitrogênio? **O Agrônomo**, Campinas, 53 (1), 2001. P. 46-49.

MASSRUHÁ, S. M. F. S.; LEITE, M. A. de A. **Agro 4.0 - rumo à agricultura digital. JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: Mobilizar o Conhecimento para Alimentar o Brasil**. Embrapa Informática Agropecuária. 2017. p. 28-35.

MENDES, C. I.; DOS REIS JUNIOR, F. B.; HUNGRIA, M.; DE SOUSA, D. M. G.; CAMPO, R. J. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.8, Brasília, 2008. p.1053-1060.

OCDE-FAO. **Perspectivas Agrícolas 2017-2026**, Éditions OCDE, Paris, 2017. 154 p.

ORGANIZATION OF UNITED NATIONS (ONU). **The impact of population momentum on future population growth**. Population facts, Department of Economic and Social Affairs - populations division. n. 2017/4, 2 p. 2017.

PAULETTI, V., MOTTA, A. C. V. (Eds.). **Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Estadual Paraná, 2017. 418 p.

PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo – decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 03, p. 911-920, mai/jun. 2008. Revisão.

PEREIRA, I. S.; DOURADO NETO, D.; FAGAN, E. B.; SOARES, L. H.; TEIXEIRA, W. F.; SANTOS, L. L. S.; CABRAL, E. M. A.; ANICETO, J. G. Aplicação foliar de nitrogênio no estágio reprodutivo aumenta fixação biológica na cultura de soja. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2018, Goiânia. **Anais...** Brasília: Embrapa Soja, 2018. p. 816-819.

PERUSSO, P. B. **Componentes de rendimento da cultura da soja em função da aplicação de nitrogênio no florescimento**. 40 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

PIEROZAN JUNIOR, C. **Eficiência da adubação nitrogenada no sistema solo-soja em ambiente tropical e subtropical**. 100 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

SANTOS NETO, J. T.; LUCAS, F. T.; FRAGA, D. F.; OLIVEIRA, L. F.; PEDROSO NETO, J. C. Adubação nitrogenada, com e sem inoculação de semente, na cultura da soja. **FAZU em Revista, Uberaba**, n. 10, p. 8-12, 2013.

SCHMID, L. P.; SOUSA, A. S.; MARTINS, T. H. G.; SILVA, D. V.; MIELEZRSKI, F. Adubação nitrogenada em soja: um estudo sobre potencial fisiológico de sementes.

In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2016. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2016. 5p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre-RS: Artmed, 2017. 888 p.

VIOLA, R.; BENIN, G.; CASSOL, L.C.; PINNOW, C.; FLORES, M. F.; BORNHOFEN, E. Green manure and nitrogen fertilization in the spring wheat under no-tillage. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 1, 2013, p.90–100.